

ESTUDIO PREVIO DE MATERIALES RECICLADOS PARA SU USO EN SUELOS FLOTANTES

PACS: 43.40.Jh

del Rey, Romina¹; Alba, Jesús¹; Ramis, Jaime²; Escuder, Eva¹.

¹Escuela Politécnica Superior de Gandía.

Universidad Politécnica de Valencia

Carretera Nazaret-Oliva s/n

46730 Grao de Gandía. Valencia

Teléfono 962 849 314 – 962 849 300

E-mail: roderey@doctor.upv.es, jesalba@fis.upv.es, evescude@fis.upv.es

²Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

Universidad de Alicante

Apdo. Correos, 99; 03080 Alicante

e-mail: jramis@ua.es

ABSTRACT

The use of resilient materials which can be placed under the layer coating or as part of a floating floor is a common practice in order to reduce structural vibrations or impact noise. There are dynamic properties of the resilient materials which are related to the capacity of absorbing the impact. One of those properties is the dynamic stiffness of the materials themselves. Standard exist for the dynamic stiffness; UNE EN 29052-1:1992. Moreover, it is also need recycling different materials. In this work we are studied the possibilities by reuse this waste as resilient materials. We have obtained the dynamic stiffness of these materials, sometimes, we are calculated this parameter outside the standard procedure.

Keywords: dynamic stiffness, recycled materials, floating floor.

RESUMEN

La utilización de materiales elásticos como recubrimiento de pavimentos o para componer parte de un suelo flotante es una práctica muy común para reducir las vibraciones o disminuir el ruido de impacto. Una de las propiedades dinámicas de los materiales elásticos es la rigidez dinámica. Existe una normativa para la obtención de la rigidez, es la UNE EN 29052-1:1992. Al mismo tiempo se ha convertido en una necesidad poder reutilizar desechos de diferentes ámbitos dándole de nuevo una vida útil. En este trabajo se estudia la posibilidad de utilizar diferentes materiales reciclados como láminas flotantes. Para ello, se ha valorado la rigidez dinámica de estos reciclados, siendo necesario, en algunas ocasiones utilizar variaciones de la normativa correspondiente.

Palabras-clave: rigidez dinámica, materiales reciclados, suelo flotante

1 INTRODUCCIÓN

La aparición del Documento Básico de Protección contra el Ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE) [1] plantea el uso de soluciones constructivas donde en, prácticamente todas las soluciones reconocidas es necesaria la colocación adecuada de una lámina flotante para reducir los niveles de ruido de impacto, vibraciones y la transmisión del ruido a través de flancos. La utilización de materiales elásticos como recubrimiento de pavimentos o para formar parte de un suelo flotante es una práctica muy común. Una de las propiedades dinámicas de los materiales elásticos es la rigidez dinámica. La rigidez dinámica de un material indica la capacidad del mismo para actuar como muelle y consecuentemente como atenuador acústico. Existe una normativa para la obtención de la rigidez, es la UNE EN 29052-1:1992 [2]. "Acústica. Determinación de la Rigidez Dinámica. Parte 1: Materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas"

Al mismo tiempo se ha convertido en una necesidad poder reutilizar desechos de diferentes ámbitos dándole de nuevo una vida útil. En este trabajo se estudia la posibilidad de utilizar diferentes materiales reciclados como láminas flotantes. Para ello, se han ensayado estos reciclados valorando su rigidez dinámica, siendo necesario, en algunas ocasiones utilizar variaciones de la normativa correspondiente, y validando, en la medida de lo posible la validez de éstos ensayos.

1.1 Obtención de la Rigidez Dinámica. Técnica de ensayo.

En la Norma UNE EN 29052-1.1992 [2] se describe el procedimiento para la determinación de la rigidez dinámica por unidad de superficie para materiales elásticos con superficies lisas. Este procedimiento se basa en un método de resonancia en el que se mide la frecuencia de resonancia de la vibración vertical fundamental de un sistema masa-muelle, siendo el muelle una muestra del material a estudio y la masa una placa de carga que se detallara a continuación. Las magnitudes que se pueden medir directamente son la frecuencia de resonancia y el amortiguamiento. La rigidez dinámica aparente por unidad de superficie de la muestra, s'_t (N/m^3) se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$s'_t = 4\pi^2 m'_t f_r^2 \quad (1)$$

Donde:

m'_t es la masa total por unidad de superficie empleada durante el ensayo, en kilogramos por metro cuadrado y f_r es la frecuencia de resonancia, en hertzios.

Las condiciones de ensayo quedan totalmente descritas en la norma. Aquí se enumeran las más relevantes comentando en cada caso si se ha considerado utilizar para el ensayo de las muestras ensayadas alguna variación:

- Se colocará la muestra entre dos superficies horizontales, la placa base y la placa de carga. La placa de carga será de acero y cuadrada de dimensiones (200 ± 3) mm x (200 ± 3) mm. Ambas placas serán lo suficientemente rígidas como para evitar ondas de flexión dentro del intervalo de frecuencias de interés. En el caso que se presenta se ha utilizado como placa base el suelo (forjado del laboratorio de física o acústica).

- La carga total sobre la muestra de ensayo (incluidos todos los elementos del montaje) debe ser de $8\text{kg} \pm 0.5\text{kg}$, pero se han considerado procedimientos de ensayo por debajo y por encima de este límite, debido a que se desconocía la capacidad elástica de los materiales reciclados que se han ensayado y en algunas ocasiones ha sido necesario aumentar la masa para disminuir la frecuencia de resonancia del sistema y poder determinarla de forma clara con la resolución del equipo utilizado.
- La norma aconseja ensayar al menos tres muestras de $200\text{mm} \times 200\text{mm}$. Para el estudio de estos materiales reciclados se han ensayado al menos 3 muestras de estas dimensiones para cada una de las placas de carga que se han considerado.

La frecuencia de resonancia de la vibración vertical fundamental de la muestra y de la placa de carga pueden determinarse utilizando señales sinusoidales, ruido blanco o impulsos. Existen trabajos [3] que presentan resultados de ensayos con estas tres técnicas de medición. Otros autores [4] presentan diferentes análisis de la función de transferencia en el dominio en frecuencia para el caso de excitación con impacto, para el caso de materiales en los que los métodos normalizados presentan problemas, como por ejemplo, para espumas muy amortiguadas o muestras con dobles resonancias.

2 MATERIALES Y EQUIPAMIENTO UTILIZADO.

Los ensayos se han realizado utilizando una señal impulsiva, siguiendo todas las especificaciones de la ISO 7626-5:1994 [5]. Como excitador hemos utilizado el martillo de Brüel&Kjaer 8206-001 con el extremo de aluminio, ya que nos aseguraba un espectro frecuencial más amplio que con el resto de extremos. Se han utilizado también los acelerómetros Brüel&Kjaer 4370.

Siguiendo las indicaciones de autores que han obtenido resultados experimentales de valores de rigidez dinámica de diferentes materiales para su uso como suelos flotantes [6], colocamos el acelerómetro en el centro de la placa y se golpea sobre la placa alrededor del acelerómetro, se evita así algunos efectos no deseados como oscilaciones verticales. En [2] se permiten masas de m_i entre $187,5 \text{ kg/m}^2$ y $212,5 \text{ kg/m}^2$. Se han realizado los ensayos con masa comprendidas entre $194,2 \text{ kg/m}^2$ y $256,9 \text{ kg/m}^2$.

Las densidades volumétricas y espesores de las muestras ensayadas se pueden observar en la tabla 1.

Material Reciclado	Densidad (kg/m^3)	Espesor (mm)
1	282,8	4,6
5	241,4	0,5
7	43,3	6,3
8	143,7	15,1
9	183,8	15,7
15	84,0	8,5
16	40,8	40,5
19	183,8	11,9
20	349,0	6,2

Tabla 1. Densidades y espesores de las muestras estudiadas.

La mayoría de las muestras estudiadas provienen de desechos de procesos industriales del textil, bien de forma directa siendo residuos textiles, bien a través de otros procesos, como por ejemplo, de la industria del automóvil.

Se han realizado mediciones de todas estas muestras con diferentes placas de carga, se ha registrado con un analizador de frecuencias de doble canal por una parte, la señal del impacto, por otra parte la señal del acelerómetro. A partir de esta última se puede observar el pico de resonancia del sistema. En la figura 1 vemos un ejemplo.

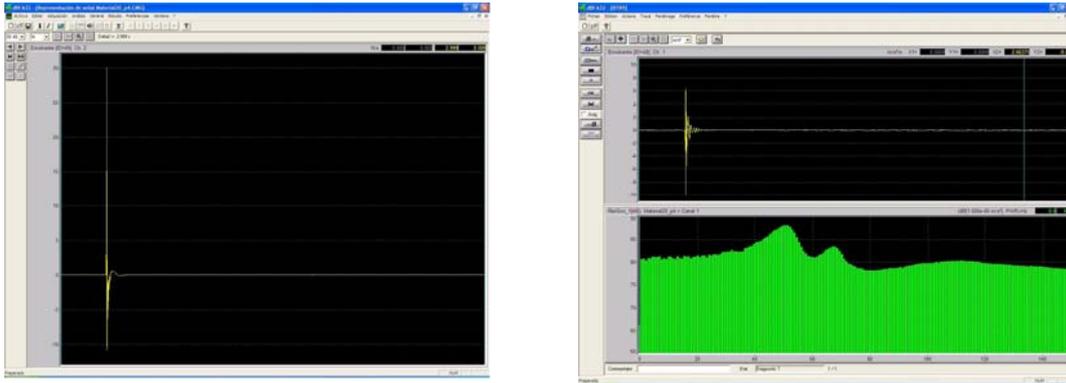


Figura 1. Registro de la fuerza del impacto (N) y de la aceleración de la excitación (m/s²). A partir de esta podemos observar el pico de resonancia (dB).

A partir de la curva de resonancia en frecuencia se ha obtenido el amortiguamiento y el factor de calidad. El amortiguamiento de un sistema se define como:

$$\zeta = \frac{w_2 - w_1}{2w} \quad (2)$$

siendo w la frecuencia de resonancia, y w_2 y w_1 las frecuencias a las cuales se produce una disminución de la mitad de energía, esto es, una disminución de 3 dB. Se puede definir el factor de calidad a partir del amortiguamiento como: $Q = \frac{1}{2\zeta}$

3 RESULTADOS

3.1 Rigidez dinámica aparente

A continuación se presentan los resultados de la rigidez dinámica aparente que se ha obtenido como valor promedio de diferentes ensayos para cada una de las muestras estudiadas. También se muestran valores de factor de calidad y amortiguamiento.

Material Reciclado	Espesor (mm)	Q	ε (%)	S't (MN/m ³)
M8	4,6	5	12	5
M20	0,5	36	9	5
M9	6,3	5	10	16
M19	15,1	6	9	16
M7	15,7	4	13	26
M1	8,5	4	14	46
M16	40,5	3	15	49

M5	11,9	6	8	68
M15	6,2	4	12	120

Tabla 2. Espesor, factor de calidad, amortiguamiento y valores promedio de la rigidez dinámica aparente de los materiales reciclados estudiados.

3.2 Influencia de m'_t

Si reescribimos la ecuación (1) de la siguiente forma

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s'_t / m'_t} \quad (3)$$

se observa que al aumentar m'_t la frecuencia de resonancia del sistema disminuye. No es fácil determinar las frecuencias óptimas de ensayo, ya que estas determinan la resolución del espectro obtenido en el ensayo. Puede ocurrir que sea necesario una carga lo suficientemente pesada para disminuir la frecuencia de resonancia de todo el sistema, obteniendo así una mayor resolución a frecuencias bajas. Esto sería conveniente para realizar el estudio con materiales que presenten valores de rigidez dinámica bajos. También podría darse el caso inverso, estudio de materiales con frecuencias de resonancias tan elevadas que sea necesario aumentar el rango frecuencial de estudio, en este caso, se reduciría la masa de carga. Pensando en esta filosofía y con un desconocimiento previo de las propiedades elásticas de los materiales reciclados sometidos a ensayo, se han realizado los ensayos con diferentes placas de carga. En la figura 2 se presentan los valores obtenidos de rigidez dinámica aparente para diferentes placas de carga. Se presentan para tres materiales distintos. En el eje de abscisas se presentan los valores de m'_t de los diferentes ensayos, en kg/m^2 , en el eje de ordenadas los valores de rigidez dinámica aparente, en MN/m^3 .

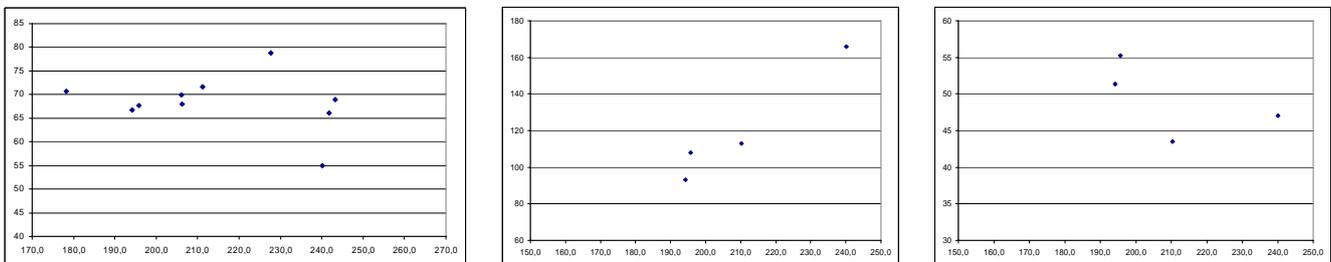


Figura 2. Valores de rigidez dinámica obtenida para diferentes configuraciones de ensayos para tres de los materiales estudiados.

Aunque para hablar de dispersión de los resultados en función de la masa aparente utilizada se debería realizar un estudio completo de la expresión (1), estudiando la influencia de cada uno de los términos que la componen, se observa en la figura 2 que los valores medidos se dispersan en cuanto nos alejamos de los montajes permitidos por la norma para la realización de mediciones. De los materiales estudiados, los materiales 8 y 20 presentan valores de rigidez dinámica baja (5 MN/m^3) y bastante menores a los que presentan el resto de materiales. En la figura 3 se observa el valor de rigidez dinámica para estos dos materiales obtenido mediante los ensayos con distintas configuraciones de ensayo. Se observa en estos dos casos que aunque la masa utilizada este por encima de la "permitida" no hay apenas dispersión en las medidas.

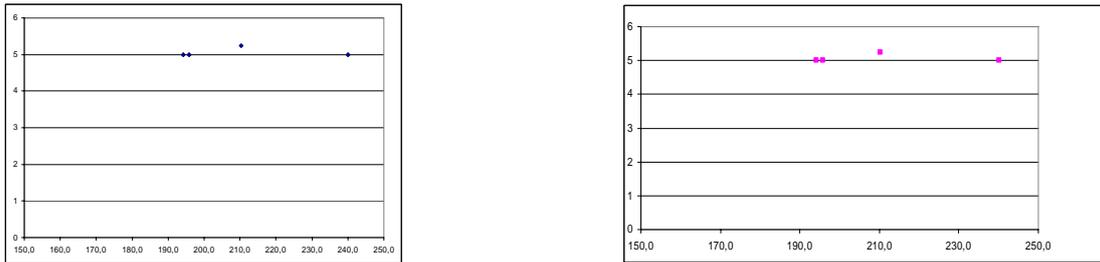


Figura 3. Valores de rigidez dinámica obtenida para diferentes configuraciones de ensayos para los materiales reciclados 8 y 20.

4 CONCLUSIONES

Los materiales reciclados estudiados presentan valores de rigidez dinámica aparente que van desde los 5 MN/m³ hasta los 120 MN/m³. Aunque para determinar su validez como materiales elásticos para formar parte de suelos flotantes, el valor de la rigidez dinámica debería ir acompañado de valores de resistencia al flujo. Algunos de estos materiales sí serían buenos candidatos para favorecer la disminución al ruido de impacto o las transmisiones laterales, ya que se han medido para diferentes probetas valores por debajo de los 10 MN/m³. En el mismo catálogo de elementos constructivos del CTE [1] aparecen en las soluciones constructivas materiales con valores de rigidez dinámica aparente menor de 30 MN/m³. En cuanto a las variaciones respecto al ensayo normalizado, se debería realizar un estudio completo de la influencia de cada indeterminación en las variables de la ecuación que nos da s'_t . Aunque si se ha podido observar en los ensayos realizados la influencia de $m't$ en el desplazamiento de la frecuencia de resonancia del sistema, asociada a la resolución de la FFT en algunos casos, o a la masa de carga en otros.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (BIA2007-68098-C02-01 y BIA2007-68098-C02-02).

REFERENCIAS

- [1] DB-HR. Protección frente al ruido. Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 1371/2007.
- [2] Norma Española UNE EN 29052-1:1992. Acústica: Determinación de la Rigidez Dinámica Parte 1: Materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas.
- [3] Baron, N.; Bonfiglio, P.; Fausti, P. dynamic Stiffness of materials Used For Reduction in Impact Boise: Comparison Between Different Measurement Techniques. Acústica 2004, Guimaraes.
- [4] Simón Francisco,; K.Anthony,; Fernández M^aJosé,; Estudio de cinco métodos para determinar las propiedades dinámicas de capas elásticas para la mejora del aislamiento a ruido de impactos. Tecniacústica 2006, Gandia.
- [5] International Standard. ISO 7626-5:1994. Vibration and shock. Experimental determination of mechanical mobility. Part 5: Measurements using impact excitation with an exciter which is not attached to the structure.
- [6] Neves, Ana,; António Julieta,; Nossa Ana. Resultados Experimentais da rigidez dinâmica de materiais usados sob pavimentos flutuantes. Acústica 2008. Coimbra